

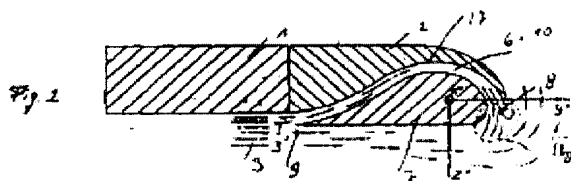
## Method and arrangement for reducing the induced drag of a wing

**Patent number:** DE3836673  
**Publication date:** 1990-05-03  
**Inventor:** HARRIEHAUSEN MICHAEL (DE)  
**Applicant:** HARRIEHAUSEN MICHAEL (DE)  
**Classification:**  
- **international:** **B64C21/02; B64C21/00;** (IPC1-7): B64C21/02  
- **european:** B64C21/02  
**Application number:** DE19883836673 19881028  
**Priority number(s):** DE19883836673 19881028

[Report a data error here](#)

### Abstract of **DE3836673**

In order to reduce the induced drag of a wing over which flow passes it is provided that an element (3') of the lateral flow (3) is deflected at the end (2) of the wing through a gap on the underneath of the wing (1) into a guide duct (6). In this guide duct (6), the element of the lateral flow (3) is diverted at its outlet (8) on the underneath of the wing (1) such that it is directed downwards, so that a rotational impulse is produced which opposes the normal vortex.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 38 36 673 C 2

⑤① Int. Cl. 5:  
B 64 C 23/06

②① Aktenzeichen: P 38 36 673.8-22  
②② Anmeldetag: 28. 10. 88  
④③ Offenlegungstag: 3. 5. 90  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 16. 9. 93

DE 38 36 673 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
Harriehausen, Michael, 2000 Hamburg, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Minetti, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 20095 Hamburg

⑦② Erfinder:  
gleich Patentinhaber  
  
⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE-PS 8 93 892  
US 44 77 042  
US 36 92 259  
FR-PS 57 125, Zus. zu FR-PS 850 918;

⑤④ Anordnung an einen Tragflügel

DE 38 36 673 C 2

Gegenstand der Erfindung bildet eine Anordnung an einen Tragflügel mit einem Überdruck auf der Unterseite und einem Unterdruck auf der Oberseite, die sich durch einen unter der Unterseite zum Tragflügelende gerichteten Querluftstrom unter Bildung eines Randwirbels ausgleichen, wobei auf der Unterseite des Tragflügels ein in einen Leitkanal mündender Einlaßspalt für einen Anteil des Querluftstromes und am Flügelende ein Auslaß angeordnet ist.

Der Widerstand des Tragflügels eines Flugzeuges setzt sich zusammen aus einem auftriebsunabhängigen Widerstand, dem Profilwiderstand des Flügels und einem auftriebsabhängigen Widerstand, dem induzierten Widerstand des Tragflügels. Der induzierte Widerstand ergibt sich aus dem Strömungsverlauf des Mediums an einem Tragflügel. Bedingt durch die Profilform eines Tragflügels eines Flugzeuges liegt auf seiner Oberseite ein Unterdruck vor, während auf der Unterseite ein Überdruck vorliegt. Diese Drücke gleichen sich am Ende des Tragflügels aus bei Bildung einer Randströmung bzw. einer Querströmungskomponente auf der Unterseite des Tragflügels in Richtung Tragflügelende, um den Rand des Tragflügels auf die Oberseite des Tragflügels. Dies setzt voraus, daß am Ende des Tragflügels auf seiner Unterseite zu der nach außen gerichteten Querluftströmung auf der Oberseite eine nach innen gerichtete Querluftströmung auftritt. Die dadurch an der Hinterkante eines Tragflügels zusammentreffenden Luftströmungen verlaufen demzufolge nicht parallel besonders im Tragflügelrandbereich, sondern führen vielmehr zur Ausbildung von Randwirbeln, welche fortlaufend neu erzeugt werden und einen Widerstand bilden, welcher der kinetischen Energie proportional ist, die in diesen Wirbeln steckt.

Um den induzierten Widerstand zu vermindern, sind in vergangener Zeit verschiedenartige Maßnahmen ergriffen worden. So ist es bekannt, am Flügelende beispielsweise senkrecht oder schrägstehende Leitflächen anzuordnen oder keulenförmige Ansätze am Tragflügelende anzuordnen oder das Tragflügelende nach unten gewölbt auszubilden, um dadurch die Entstehung von Randwirbeln zu unterdrücken. Einem Erfolg solcher bekannter Maßnahmen sind jedoch enge Grenzen durch den Nachteil gesetzt, daß durch derartige konstruktive Gestaltungen der Profilwiderstand des Tragflügels wesentlich erhöht wird, so daß diese bekannten Maßnahmen letztlich nur zu geringen Kraftstoffersparnissen führen, welche sich aus einer Verminderung des Gesamtwiderstandes ergeben. Dies gilt auch für eine weitere bekannte Lösung, nach welcher mit einem am Ende eines Tragflügels angeordneten Randkörper versucht wird, durch seine künstlich erzeugte Rotation einen Gegenwirbel zu erzeugen, da für seinen Antrieb mehr Energie aufzuwenden ist, als durch die Unterdrückung von Randwirbeln gewonnen wird.

Nach der DE-PS 8 93 892 ist es für die Herabsetzung des induzierten Widerstandes bekannt, einen Tragflügel mit einem sich längs erstreckenden, röhrenförmigen Hohlraum zu versehen, der sich bis an das Tragflügelende erstreckt und mit einer längsverlaufenden schlitzförmigen Einlaßöffnung auf der Unterseite des Flügels versehen ist, so daß die den Tragflügel von vorn anströmende Luft in eine kreisende Bewegung versetzt wird im Sinne einer vorwärtsrollenden Walze, welche am Tragflügelende zum Zwecke der Unterdrückung des Randwirbels austritt. Die dabei am Tragflügel austretende

Luft ist damit senkrecht gerichtet zu der den Wirbel erzeugenden Luftströmung, so daß sie nicht unbedingt beiträgt zu einer Verminderung der Wirbelbildung, wie es der Fall wäre, wenn die austretende Luft entgegengerichtet wäre mit ihrem Drehimpuls zu der Luftströmung am Tragflügelende.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anordnung zu schaffen, durch die der induzierte Widerstand eines Tragflügels unter Ausnutzung der Querluftströmung auf der Unterseite des Tragflügels, das heißt der zum Tragflügelende hin ausgerichteten Luftströmung, vermindert wird durch Umlenkung eines Anteiles dieser Querluftströmung.

Gemäß der Erfindung ist dafür eine Anordnung vorgesehen, die gekennzeichnet ist nach den Merkmalen des Anspruches 1. Durch diese Anordnung wird ein Gegenwirbel erzeugt, welcher die Ausbildung von Randwirbeln reduziert und der in seiner Stärke einstellbar ist, um sich den jeweils gegebenen Betriebsbedingungen anpassen zu können. Diese Einstellbarkeit der Größe des zusätzlich umgelenkten Querluftstromanteiles ergibt sich aus einer Veränderung seines Leitkanales, die insbesondere möglich ist unter Verwendung einer in ihrer Stellung zu verändernden Leitplatte, wie sich im einzelnen noch aus der nachfolgenden Beschreibung ergibt.

Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung liegt unter anderem darin, daß mit ihr für die Verminderung des induzierten Widerstandes Strömungen ausgenutzt werden, die sich ansich negativ auf den Auftrieb und das Widerstandsverhalten des Tragflügels auswirken und für die Entstehung der Randwirbel ursächlich verantwortlich sind.

Wenn vorstehend allgemein von Auftrieb gesprochen ist, so ist das im weitestgehenden Sinne zu verstehen, denn die Erfindung ist nicht beschränkt auf die Ausgestaltung eines Flugzeug-Tragflügels, sondern kann von ihrem Prinzip her ebenfalls Anwendung finden bei der Ausbildung beispielsweise eines rotierenden angetriebenen Flügels, wie einem Hubschrauberflügel oder dem Flügel einer Schiffsschraube, weil dort hinsichtlich des induzierten Widerstandes am Flügelende grundsätzlich gleiche Probleme vorliegen, wie bei dem Tragflügel eines Flugzeuges, denen mit der erfindungsgemäßen Lösung begegnet werden kann.

Dementsprechend kann also die Erfindung Anwendung finden bei allen aerodynamisch auftriebserzeugenden Körpern, die dadurch charakterisiert sind, daß senkrecht zu der Anströmrichtung eine Kraftkomponente erzeugt wird.

Ausgestaltungen der Erfindung sind nachstehend erläutert unter Bezugnahme auf ein Ausführungsbeispiel an dem Tragflügel eines Flugzeuges unter Bezugnahme auf eine Zeichnung. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 die Strömungsverhältnisse an einem Tragflügel;

Fig. 2 den Schnitt durch ein Tragflügelende mit erfindungsgemäßer Leitplatte;

Fig. 3 die Leitplatte nach Fig. 2 in verschiedenen Arbeitsstellungen;

Fig. 4 ein Längsschnitt durch eine Leitplatte in drei verschiedenen Arbeitsstellungen und

Fig. 5 und 6 eine Modellausführung für die Verstellbarkeit einer Leitplatte.

Wird ein profilierter Tragflügel 1 entsprechend Fig. 1c in Richtung der Pfeile 5 von vorn angeströmt, so bildet sich entsprechend seinem Profil auf seiner Oberseite ein Unterdruck aus und auf seiner Unterseite ein

Überdruck. Dabei treten entsprechend Fig. 1b auf der Oberseite nach innen gerichtete Querströme und auf der Unterseite nach außen gerichtete Querluftströme 3 auf. Diese sind bedingt durch einen Druckausgleich an den Tragflügelenden 2, bei dem die Luft entsprechend den Pfeilen 4 in einer Randströmung die Enden des Tragflügels 1 umströmt. Diese Randströmung führt zu der Ausbildung von Wirbeln, welche den Auftrieb vermindern und den Widerstand vergrößern.

Um die Größe dieses induzierten Widerstandes zu vermindern, ist entsprechend den nachfolgenden Figuren vorgesehen, einen Anteil 3' des Querluftstromes 3 auf der Unterseite eines Tragflügels 1 am Tragflügelende 2 abzuleiten in einen Leitkanal 6, in dem eine Umlenkung stattfindet in dem Sinne, daß dieser Anteil 3' am Tragflügelende 2 nach unten ausgerichtet im Bereich des Auslaßspaltes 8 auf den nicht abgeleiteten Querstromanteil in nahezu entgegengesetzter Richtung auftrifft. Durch den nach außen hin zunehmend stärker gekrümmten Leitkanal 6 hat der Anteil 3' am Auslaßspalt 8 außerdem einen dem normalerweise abgehenden Wirbel entgegengesetzten Drehsinn und wirkt damit insgesamt der Wirbelbildung entgegen.

Für die Ausbildung des Leitkanales 6 ist eine als Profilkörper ausgebildete Leitplatte 7 vorgesehen, die in Richtung der Hochachse Z höhenverstellbar ist, sowie um die Längsachse X und die Querachse Y verdrehbar ist. Dadurch ergeben sich Einstellmöglichkeiten wie sie unter anderem in den Fig. 3 und 4 wiedergegeben sind. Mit diesen verschiedenen Einstellmöglichkeiten lassen sich unterschiedliche Betriebszustände des Flugzeuges vorteilhaft ausnutzen. Danach ist es unter anderem möglich (Fig. 3d) den Leitkanal 6 durch ein Anheben der Leitplatte 7 abzusperren, um beispielsweise bei einem Hochgeschwindigkeitsflug, bei dem der Profilwiderstand gegenüber dem induzierten Widerstand relativ groß ist, den Profilwiderstand des Tragflügels 1 nicht unnötig zu vergrößern. Demgegenüber ist bei der Anordnung nach Fig. 3b vorgesehen, den Einlaßspalt 9 weit geöffnet zu halten durch eine entsprechende Drehbewegung der Leitplatte 7 um die Längsachse X, um beispielsweise beim Langsamflug oder Steigflug mit großem Anstellwinkel des Tragflügels 1 die Ausbildung von Wirbeln, welche den Auftrieb vermindern, soweitgehend als möglich zu verhindern. Eine geringfügige Erhöhung des Profilwiderstandes kann zugunsten einer wesentlichen Verringerung des induzierten Widerstandes bei diesem Flugzustand in Kauf genommen werden. Durch weitere Zwischenstellungen, wie sie beispielsweise die Fig. 3a und 3c zeigen, lassen sich weitere Strömungsverhältnisse und Strömungsgeschwindigkeiten am Auslaßspalt 8 erzielen in Anpassung an den jeweiligen Flugzustand.

In diesem Sinne tragen auch mögliche Drehbewegungen der Leitplatte 7 um ihre Querachse Y bei, wie es in den drei Stellungen nach Fig. 4 erkennbar ist. Danach ist es möglich, sowohl die Spaltbreite an der Hinterkante des Flügelprofils wie auch eine Spaltbreite an der Vorderkante des Tragflügels 1 durch ein Schwenken der Leitplatte 7 zu verändern und damit wesentlich Einfluß zu nehmen auf das Ausmaß der Strömung.

Nach den Fig. 3 und 4 ist erkennbar, daß die Leitplatte 7 im Schnitt einen Profilkörper bildet, der im wesentlichen dem Profil des Tragflügels 1 angepaßt ist. Dementsprechend ist auch der Tragflügel 1 bzw. das Tragflügelende 2 mit einer Ausnehmung 17 versehen, die im Querschnitt dem Querschnitt der Leitplatte 7 entspricht, wobei es als wesentlich angesehen wird, wenn der Leit-

kanal 6 vom Einlaßspalt 9 in Richtung auf den Auslaßspalt 8 eine fortlaufend stärkere Krümmung aufweist, um den Anteil 3' um etwa 90° in seiner Richtung abzu- lenken beim Durchtritt durch den Leitkanal 6, so daß er als eine nach unten gerichtete Strömung 11 in den nicht- abgeleiteten Querluftstrom eintritt mit einem dem normalen Wirbel entgegengesetzten Drehsinn.

Mit der Verstellbarkeit der Sehne der Leitplatte 7 zu der Profilhöhle des Tragflügels 1 durch eine Drehbewegung der Leitplatte 7 um die Querachse Y läßt sich entsprechend Fig. 4 insbesondere eine Anpassung an die verschiedenen möglichen Anstellwinkel des Tragflügels 1 durchführen, der entsprechend dem Pfeil angeströmt wird.

Die Fig. 5 und 6 zeigen konstruktive Ausgestaltungen, die getroffen wurden an einem Versuchsmodell für die Verstellbarkeit der Leitplatte 7. Bei dieser Anordnung wurde die Leitplatte 7 an ihrer Vorder- und Rückseite mit jeweils einer Scheibe 14 versehen, welche eine radial in Richtung der Z Achse ausgerichtete Gewindebohrung aufweist. In diese Gewindebohrung erstreckt sich jeweils eine hintere Welle 12 bzw. vordere Welle 13, die über einen Antrieb 15 in eine Rotation zu versetzen sind, so daß sowohl eine Absenkung der Leitplatte 7 unter gleichzeitiger Betätigung beider Wellen 12 und 13 herbeizuführen ist, wie auch eine Verstellung um die Y Achse durch Verstellung der Welle 12. Ergänzend kann eine Schwenkbewegung um die Welle X vorgenommen werden im Bereich des Schlitzes 16 nach Fig. 6.

Abweichend zu den in der Zeichnung wiedergegebenen Ausführungsbeispielen können im Leitkanal 6 Leitwände angeordnet sein, die den Leitkanal 6 in mehrere nebeneinander liegende Leitkanäle unterteilen und dazu beitragen, daß beispielsweise die von der Flügelnase her eintretende Luft stärker zum Flügelende hin abgelenkt wird.

#### Patentansprüche

1. Anordnung an einem Tragflügel (1) mit einem Überdruck auf der Unterseite und einem Unterdruck auf der Oberseite, die sich durch einen unter der Unterseite zum Tragflügelende (2) gerichteten Querluftstrom (3) unter Bildung eines Randwirbels ausgleichen, wobei auf der Unterseite des Tragflügels (1) ein in einen Leitkanal (6) mündender Einlaßspalt (9) für einen Anteil (3') des Querluftstromes (3) und am Flügelende (2) ein Auslaß (8) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Einlaßspalt (9) und der als Spalt ausgebildete Auslaß (8) und der Leitkanal (6) in Richtung der Flügeltiefe verlaufen und im Bereich des Flügelendes (2) angeordnet sind, und daß der Leitkanal durch einen in Flügellängsrichtung etwa S-bogenförmigen Verlauf den Anteil (3') zu einer am Auslaß (8) des Leitkanals (6) nach unten gerichteten Strömung (11) umlenkt, die einen dem Randwirbel entgegengesetzten Drehimpuls besitzt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Leitkanal (6) von der Vorderkante des Tragflügels (1) bis an die Flügelhinterkante erstreckt.
3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der S-bogenförmige Leitkanal (6) von seinem Einlaßspalt (9) zum Auslaß (8) fortlaufend stärker gekrümmt ist.
4. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Leitkanal (6) in mehrere neben-

einander liegende Leitkanäle (6) unterteilt ist.

5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterseite des Leitkanals (6) von einer als Profilkörper ausgebildeten Leitplatte (7) gebildet ist.

5

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Profil der Leitplatte (7) dem Profil des Tragflügels (1) angepaßt ist.

7. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitplatte (7) zum Tragflügel (1) in Richtung der Hochachse (Z) höhenverstellbar gelagert ist.

10

8. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitplatte (7) um ihre Längsachse (X) drehbar gelagert ist.

15

9. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitplatte (7) um eine Querachse (Y) verstellbar ist.

10. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitplatte (7) in einer Ausnehmung (17) an der Unterseite des Flügelendes (2) liegt, die dem Profil der Leitplatte (7) so angepaßt ist, daß ein nahezu gleichbleibender Querschnitt des Leitkanals (6) von Profilnase bis Profilhinterkante vorhanden ist.

20

11. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitplatte (7) in angehobener Stellung den Leitkanal (6) absperrt und ihre Unterseite die Profilkontur des Tragflügelprofils bildet.

25

12. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragflügel (1) ein Flugzeugtragflügel ist.

30

13. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragflügel (1) ein angetriebener Rotationsflügel, wie ein Propeller- oder Hub-schrauberflügel, ist.

35

14. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragflügel (1) Bestandteil eines Schiffspropellers oder eines Rotors einer Windenergieanlage ist.

40

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

- Leerseite -

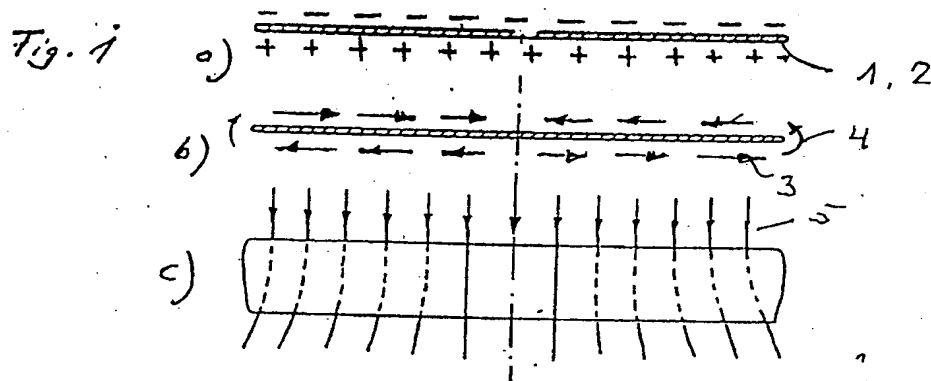


Fig. 2

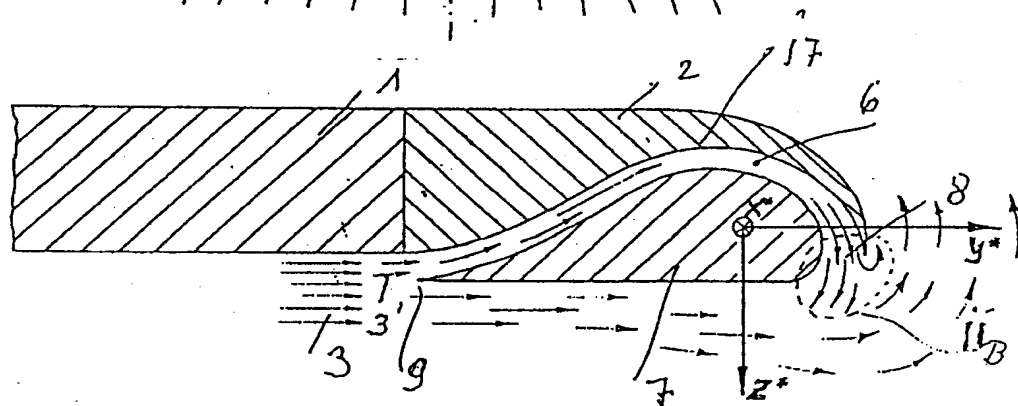
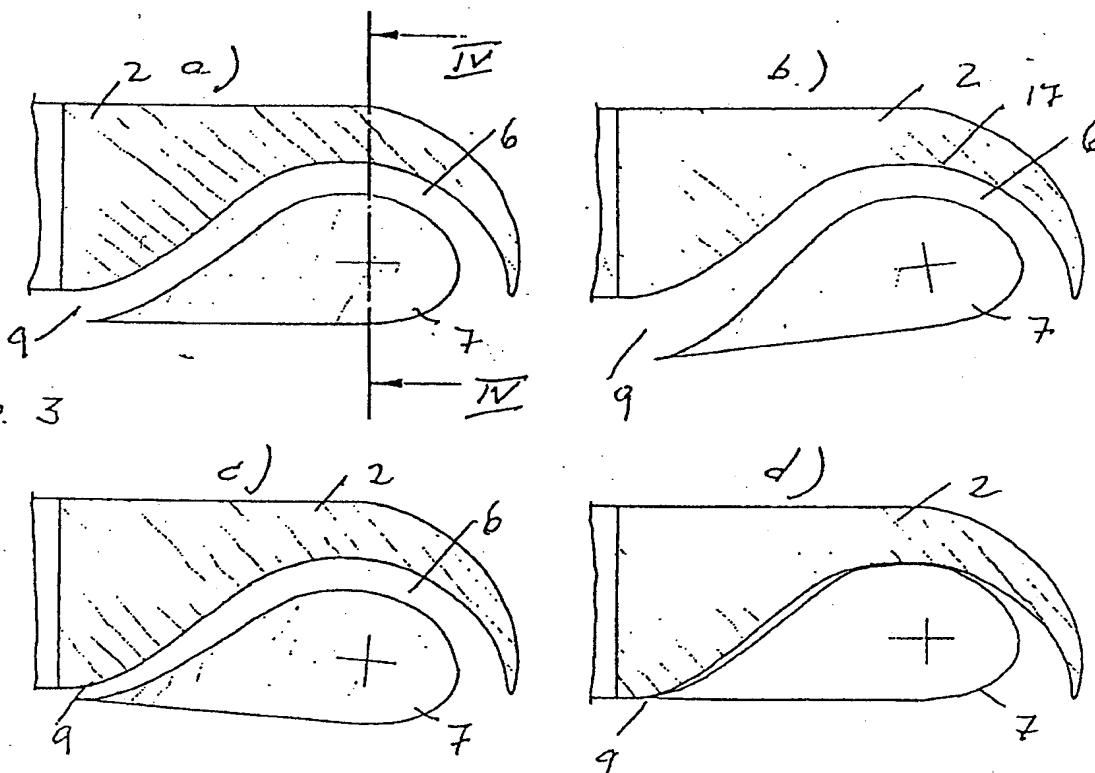


Fig. 3



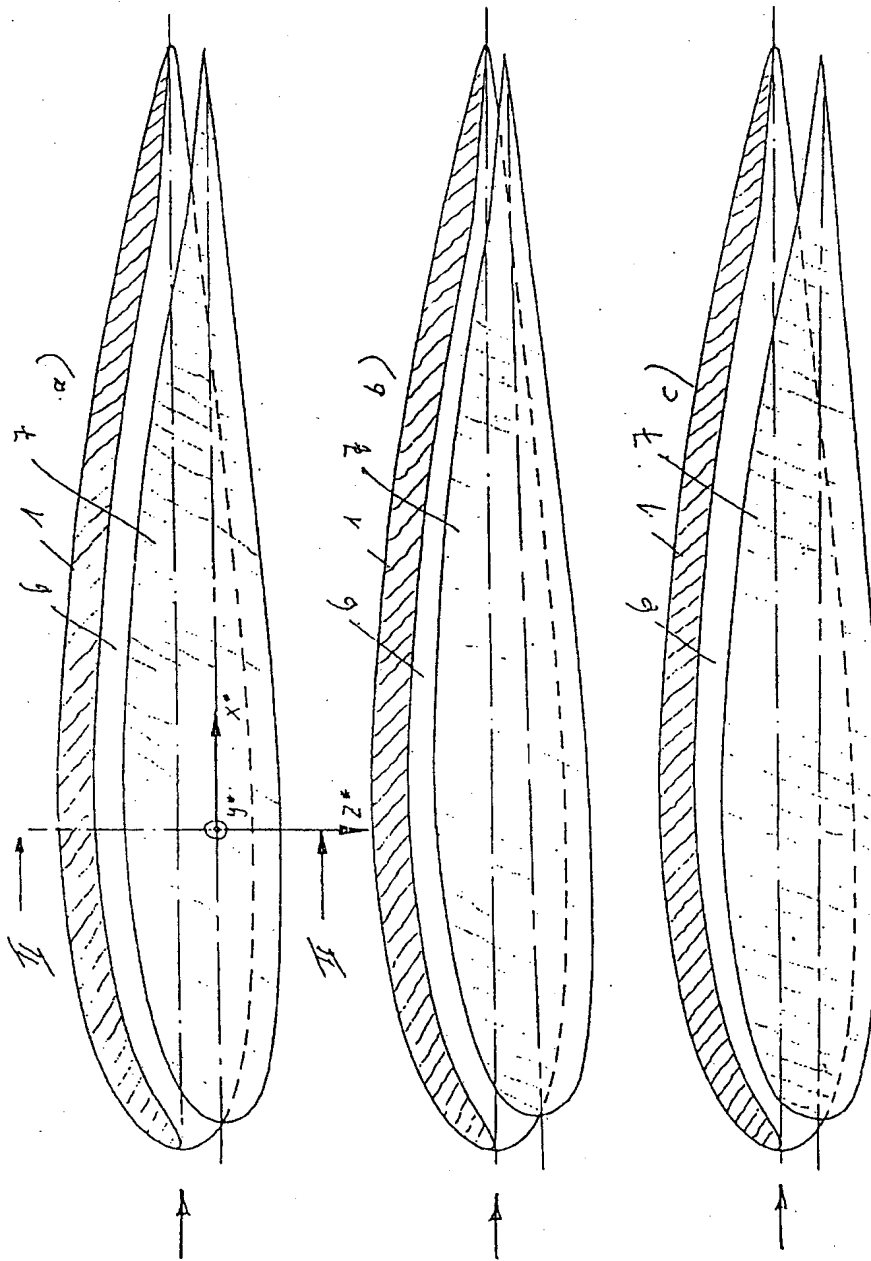


Fig. 4



